مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی پانزدهم، پاییز و زمستان۱۳۸۹

بررسی اثرات و پیامدهای استخراج بیش از حد آب زیرزمینی از آبخانه‌ی دشت مشهد با تأکید بر تغییرات Ec آب

سعدالله ولایتی (استاد زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد)
Svelayati57@yahoo.com

چکیده

آبخانه‌ی دشت مشهد تأمین کننده آب حدود صد و بیست هزار هکتار زمین کشاورزی و آب شرب شهرداری مشهد، چناران، گلبهار و تعـدادی از روسـتاهای محـدوده‌ی دشـت مشهد است. استخراج بیش از تغذیه‌ی آب در سال توسط چاه‌ها، به ویژه چاه‌های عمیق که از اوایل دهه‌ی ۱۳۵۰ به این طرف صورت گرفته اسـت، سـبب افـت زمـان‌دار سـطح آب زیرزمینی شده است. متوسط افت سالانه‌ی دشت مشهد بیش از یک متر در سـال بـوده کـه پیامدهای متعددی را در پی داشته است، از جمله می‌توان به کاهش آبدهی چاه‌ها و قنوات، نشست سطح زمین و افزایش املاح آب اشاره کرد. در مورد پیامد اخیـر، لازم اسـت گفتـه شود که مقدار املاح Ec آب در محدوده‌ی چناران به مدت بیسـت و دو سـال (۸۵–۱۳۶۳) حدود ۲۵۰ میکرومهوس بر سانتی‌متر افزایش یافته است. همچنین بـه ازای هـر متـر افـت سطح آب زیرزمینی در همین سال‌ها، که در مورد شانزده حلقـه چـاه انتخـابی انجـام شـده است، مقدار Ec بین ۲۶ تا ۹۵ میکرومهوس بر سـانتی‌متـر افـزایش نشـان مـی‌دهـد. روش تحقیق استقرایی و علیّ می‌باشد و تجزیه و تحلیل نهایی براساس نقشه‌ها، هیدروگراف‌ها و شیمی‌گراف‌ها با استفاده از روش‌های هم‌بستگی و آماری صورت گرفته است. هدف اصلی این مقاله روشن ساختن این مسأله است که اگر برداشت آب زیرزمینی بیش از حـدّ مجـاز انجام شود، آبخانه شور و بلااستفاده خواهد شد.

کلیدواژه‌ها: مشهد، آبخانه، هیدروگراف، شیمی‌گراف، هدایت الکتریکی، بیلان آب.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۲/۲۳ تاریخ تصویب: ۱۳۸۸/۱۱/۲۷

درآمد

آبخانه‌ی دشت مشهد در شمال استان خراسان رضوی واقع است و بزرگترین و مهم‌ترین آبخانه‌ی این استان به حساب می‌آید. ضخامت آبخانه براساس مطالعات ژئوفیزیک و حفّاری‌های اکتشافی در نقاط مختلف آن متفاوت بوده و از ۱٤٥ متر در نزدیکی چناران تا ۱۳۰ متر در مسیر کشف‌رود متغیّر است. بیشترین ضخامت آن با کیفیت خوب به لحاظ درشتی دانه‌های رسوب، بخش جنوبی آن یعنی در منطقه‌ی پایکوبی شمال ارتفاعات بینالود قرار دارد (پرورش، ۱۳۸٦).

مواد تشکیل دهنده‌ی آبخانه، عمدتاً از مواد هوازده‌ی انواع سنگ‌های آذرین، دگرگونی و رسوبی است که از ارتفاعات بینالود و کپه داغ – هزار مسجد، به صورت آبرفت در دشت مشهد تجمّع یافته است. سنگ کف آبخانه‌ی دشت مشهد، به دلیل عملکرد تعدادی گسل، که در امتداد غربی – شرقی کشیده می‌شود، دارای مورفولوژی یکسانی نیست. در حوالی شهر چناران از نئوژن، در حاشیه‌ی ارتفاعات بینالود از فیلیت مشهد، حواشی گلمکان تا شمال سد طرق، از سنگ‌های متامورفیک و گرانیت و بالأخره در محدوده‌ی خروجی (اولنگ اسدی) از نئوژن تشکیل یافته است (سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۳۷٥).

هدف این مقاله بررسی پیامدهای ناشی از استخراج زیاده از حد آب از آبخانه‌ها، به ویژه آبخانه‌ی دشت مشهد می‌باشد. اضافه بر این که رابطه‌ی بین هر متر افت سطح آب و افزایش املاح (Ec) آب زیرزمینی نیز مورد توجه بوده است. نتایج حاصل از این بررسی می‌تواند به عنوان یک هشدار مورد توجه بهره‌برداران آب زیرزمینی و حفظ و حراست از آبخانه‌ها واقع شود.

آنچه که در مورد بهره‌برداری از مخازن آب زیرزمینی در مناطق خشک، مانند ایران مطرح است، این است که آب‌های موجود در این مخازن عمدتاً در گذشته، یعنی از حدود دویست هزار سال به این طرف، زمانی که آب و هوای مرطوب حاکم بوده است، در این مناطق ذخیره شده‌اند (بیسون ولیر، ۲۰۰٤: ۲۰۰). آبی که تحت شرایط اقلیمی کنونی وارد مخازن می‌شود، در مقایسه با گذشته بسیار اندک بوده و به مراتب کمتر از برداشت است.

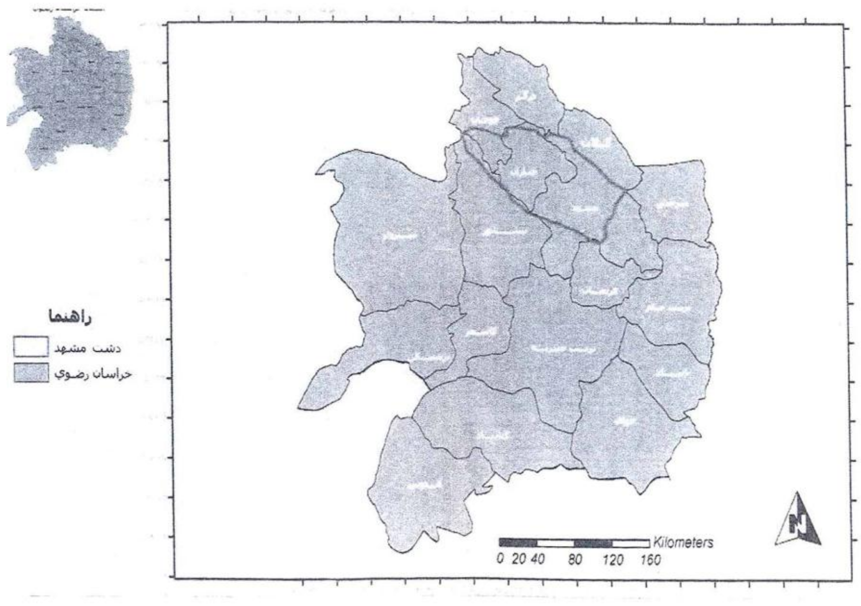
منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی به عقیده نبوی (۱۳۵۵: ۱۰۹) جزئی از البرز شرقی به حساب می‌آید و از دو رشته کوه جدا از هم تشکیل شده است و از نظر ژئومورفولوژی به عقیده زمردیان (۱۳۸۱: ۲۱۳) ادامه‌ی کوه‌های واحد شمالی فلات ایران به حساب آمده و محور آن‌ها شمال غربی – جنوب شرقی است.

آبخانه‌ی دشت مشهد، با وسعتی معادل چهار هزار کیلومترمربع در حوضه‌ی آبریز رودخانه‌ی کشف‌رود، در طول جغرافیایی '۱۵–۵۸ تا '۳٦–٦۰ و عرض جغرافیایی '۳۷–۳٦ تا '۰–٤ واقع شده است. این دشت به صورت یک چاله‌ی کشیده در جهت شمال غرب – جنوب شرق، میان دو رشته کوه بینالود در جنوب و کپه داغ – هزار مسجد در شمال منطقه قرار دارد (نقشه ۱).

وسعت کل حوضه‌ی کشف‌رود بالغ بر ۱٦۷۵۰ کیلومترمربع است که توسط کشف‌رود از غرب به طرف شمال شرق زه‌کشی می‌شود. بلندترین نقطه‌ی حوضه ۳۲٤۹ متر (در قله بینالود) و پایین‌ترین نقطه ۳۹۱ متر (در نزدیکی پل خاتون) از سطح دریا ارتفاع دارد (طوس آب، ۱۳۸۷: ۱).

عنوان نقشه شماره ۱. دشت مشهد در استان خراسان رضوی



اقلیم منطقه با توجه به داده‌های آماری بارندگی و انطباق آن با طبقه‌بندی اقلیمی کوپن (کاویانی، ۱۳۸٤: ۳٦٥) نیمه بیابانی تشخیص داده شده است. متوسط سالانه‌ی بارندگی ۲۵۰ میلی‌متر و رژیم آن زمستانه – بهاره می‌باشد. متوسط دمای سالانه حدود ١٤ درجه‌ی سانتی‌گراد است، متوسط بیشینه در تیرماه و کمینه‌ی آن در بهمن ماه هر سال می‌باشد.

پیشینه‌ی تحقیق

بررسی اثرات و پیامدهای افت سطح آب زیرزمینی اولین بار توسط تاد (۸۰–۱۹۷٤) ارائه شده است. فوگت در سال ۱۹۹۰ نیز همین مورد را در آلمان شرقی مطالعه کرد و نتیجه گرفت که بین افت سطح آب زیرزمینی و افزایش میزان کلر آب هم‌بستگی خطی و معنی‌داری وجود دارد. فورستر و همکاران (۱۹۹۸) اثرات افت سطح آب زیرزمینی را در بانکوک در محدوده‌ی شهرها مطالعه کردند. در ایران نیز پیامدهای افت سطح آب زیرزمینی توسط رحمانیان (سال ۱۳٦٥) در دشت‌های کرمان و رفسنجان (ولایتی، ۱۳۷٦) گزارش شده است.

مواد و روش‌ها

داده‌های کیفی آب زیرزمین در آزمایشگاه شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان انجام شده است. بررسی تغییرات افت سطح آب و کل املاح (Ec) با استفاده از روش‌های آماری، هم‌بستگی بین دو پارامتر، صورت گرفته است. همچنین از هیدروگراف چاهها و هیدروگراف دشت در تجزیه و تحلیل نهایی استفاده شده است (روش کتابخانه‌ای). ولی نقشه‌ها و نمودارهای مورد نیاز مقاله با استفاده از نرم‌افزارهای اکسل وArc View انجام شده است.

بررسی وضعیت هیدروژئولوژیکی مورد مطالعه

۱. بیلان آب زیرزمینی

بهترین شکل بررسی وضعیت آبی هر آبخانه، مطالعه‌ی بیلان آن است. آنچه که در این زمینه انجام شده است، نشان می‌دهد که سالانه حدود ۷۷۰/۷ مترمکعب آب به صورت نزولات

جوّی وارد آبخانه شده و حدود ۸۲۱/۱ میلیون مترمکعب استخراج می‌شود. در نتیجه آبخانه هر ساله با ۱۱۳/٤ میلیون مترمکعب کسری مخزن روبرو است (طوس آب، ۱۳۸۷).

۲. استخراج آب زیرزمین

تا قبل از رواج چاه‌هـای عمیـق در دشـت مشـهد، در اواخـر دهـه‌ی ۱۳۳۰، اسـتخراج آب زیرزمینی توسط چشمه‌ها و قنوات انجام می‌شده اسـت (ولایتـی و توسـلی، ۱۳۷۱: ۳۸). از ایـن تاریخ به بعد، به تدریج چاه‌های نیمه عمیق و عمیق جای قنوات را گرفته و به عنوان مهمتـرین عامل استخراج آب زیرزمینی در آمـده‌انـد. براسـاس آخـرین آمـار انتشـار یافتـه از منـابع آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۱، میزان کل بهره‌برداری آب زیرزمینی ۱۸۸ میلیـون مترمکعـب در سـال است که ۹٤۰ میلیون مترمکعب آن توسط چاه‌ها، ۱۱۷ میلیـون مترمکعـب آن توسـط قنـوات و ۱۳۲ میلیون مترمکعب به وسیله‌ی چشمه‌ها بهره‌برداری مـی‌شـود (وزارت نیـرو، ۱۳۸۵: ۲). آب استخراج شده عمدتاً به مصرف کشاورزی در وسعتی حدود صد و بیسـت هـزار هکتـار زمـین کشاورزی (حسینی، ۱۳۸۱)، و مصرف شرب برای سه میلیون تن از اهالی شـهر مشـهد مقـدس، گلبهار، چناران و روستاهای موجود در سطح دشت می‌رسد.

۳. افت سطح آب زیرزمین – هیدروگراف آبخانه

استخراج بیش از حد آب زیرزمینی، که عمدتاً توسط چاه‌های عمیق از دهه‌ی ۱۳٤۰ به ایـن طرف صورت گرفته است، سبب افت مستمر سـطح آب زیرزمینـی شـده اسـت. هیـدروگراف آبخانه‌ی دشت مشهد که از اوایل دهه‌ی ۱۳٦۰ رسم شده است (شکل ۱)، نشان از افت مسـتمر سطح آب زیرزمینی دارد. متوسط سالانه‌ی افت سطح آب زیرزمین بین هشتاد تا صد سانتی‌متـر گزارش شده است، به گونه‌ای که در هیدروگراف دیده می‌شود، تنها در سال‌هـای ۷۳–۱۳۷۰ و ٧٦–۱۳۷۵ سطح آب در اثر ترسالی‌ها کمی بالا آمده است، ولی سـطح آب زیرزمینـی بـه طـور کلی از ۱۳٦۳ به بعد همچنان سیر نزولی نشان می‌دهد.

۴. پیامدهای ناشی از استخراج بیش از حد آب از آبخانه‌ی دشت مشهد

افت مستمر آب زیرزمینی و به دنبال آن کسری مخزن سالانه، علاوه بـر کـاهش آب، دارای پیامدهای متعددی است که عبارت‌اند از: کاهش آبدهی چاه‌ها، قنوات، نشسـت سـطح زمـین و افزایش املاح کل (Ec) آب. در این نوشتار بر افزایش کل املاح آب زیرزمینی تأکید بیشـتری شده است.

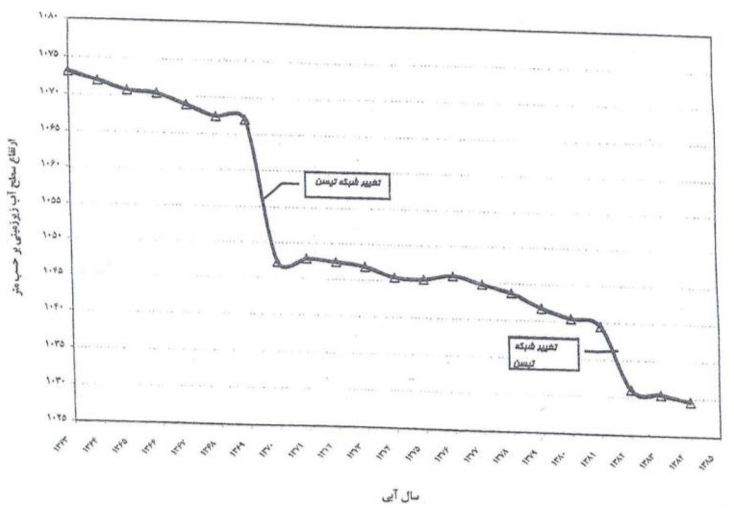
۵. کاهش آبدهی قنوات

به منظور روشن‌تر شدن اثرات استخراج بیش از حد آب زیرزمینی بر وضعیّت آبدهی تعـداد چهـار رشته قنات یعنی کورده، سیدآباد، حصار سـرخ و معـین‌آبـاد (نقشـه ۲) کـه دارای آمـار آبـدهی مـداوم بوده‌اند، انتخاب و روند تغییرات آبدهی آن‌ها در نمودار شـکل شـماره ۲ تهیـه شـده اسـت. از نمـودار شکل ۲ پیداست که آبدهی قنوات از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۵ به تدریج کاهش یافته است.

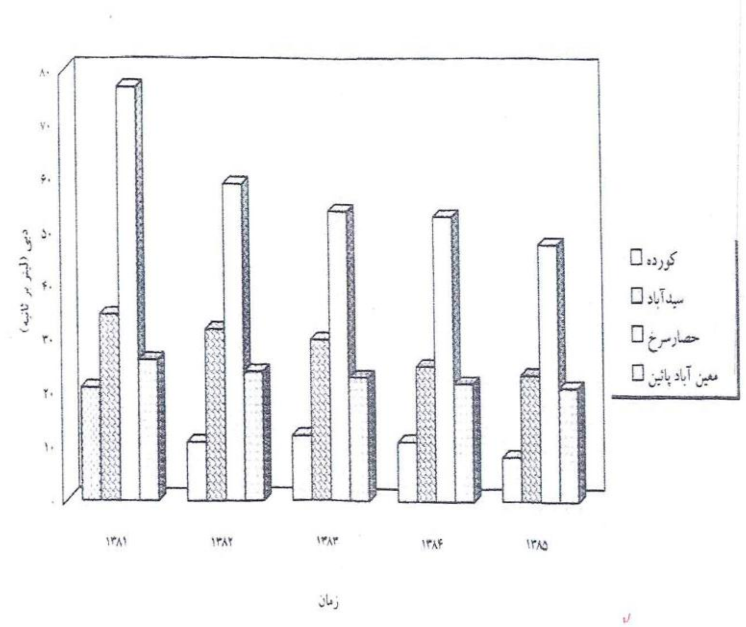
۶. کاهش آبدهی چاه‌ها

بررسی‌های انجام شده روی اثرات افت سطح آب بر تغییرات آبـدهی چـاه‌هـا در آبخانـه‌ی دشت، یعنی چاه‌های یزدان‌آباد، زینگر، مسگران، نمدان (نقشه ۲)، نشان می‌دهد ک این چاه‌ها از سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۵ با کاهش آبدهی روبرو بوده‌اند (نمودار شکل ۳).

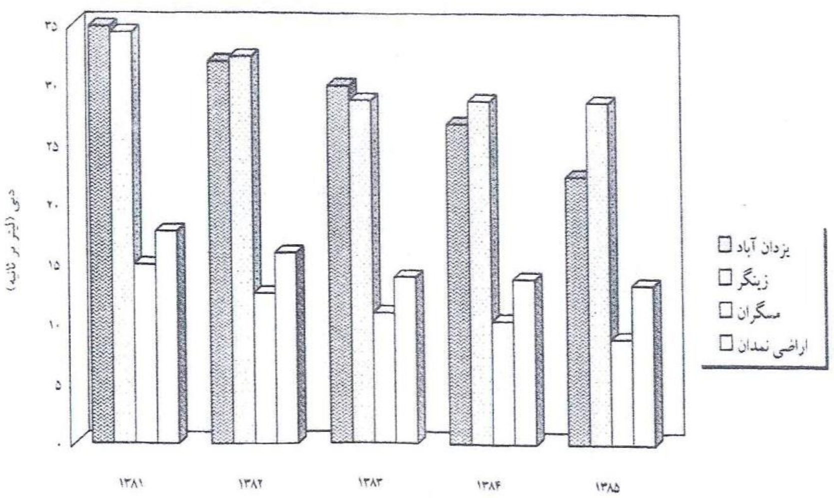
شکل ۱. هیدروگراف معرّف آبخانه‌ی دشت مشهد



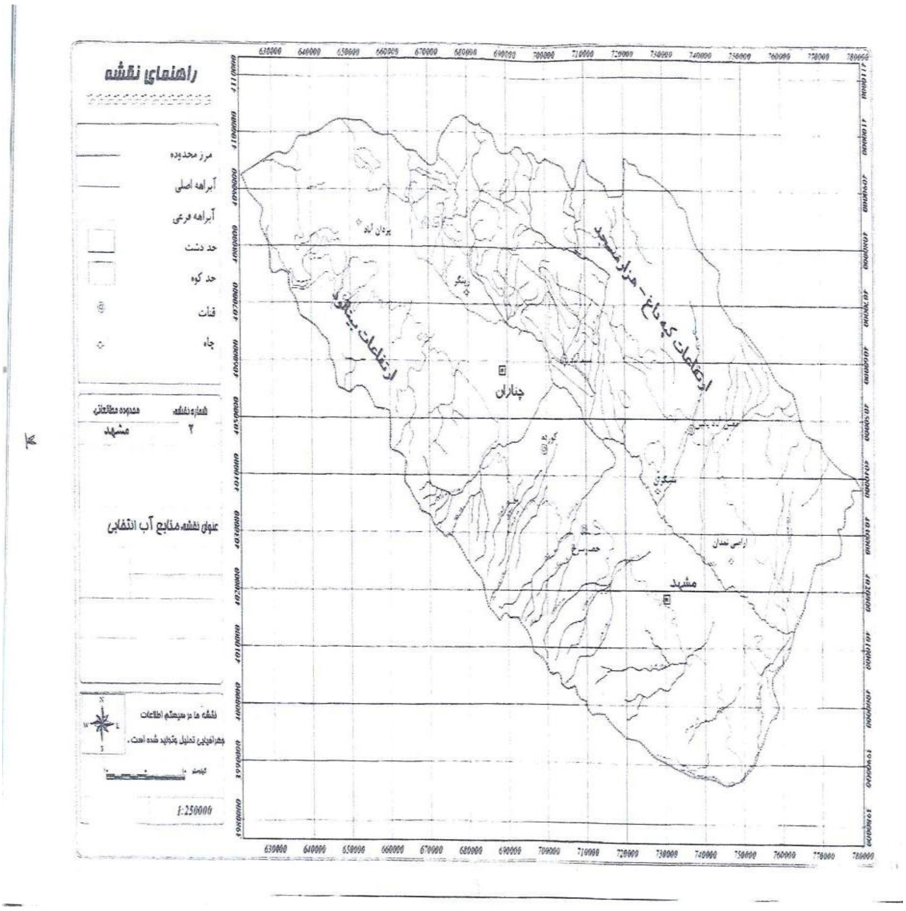
شکل ۲. نمودار تغییرات دبی براساس زمان در چهار نمونه قنات دشت مشهد



شکل ۳. نمودار تغییرات دبی برساس زمان در چهار نمونه چاه بهره‌برداری در دشت مشهد



نقشه شماره ۲. موقعیّت چهار رشته قنات (کورده، حصار سرخ، سید آباد، معین آباد)



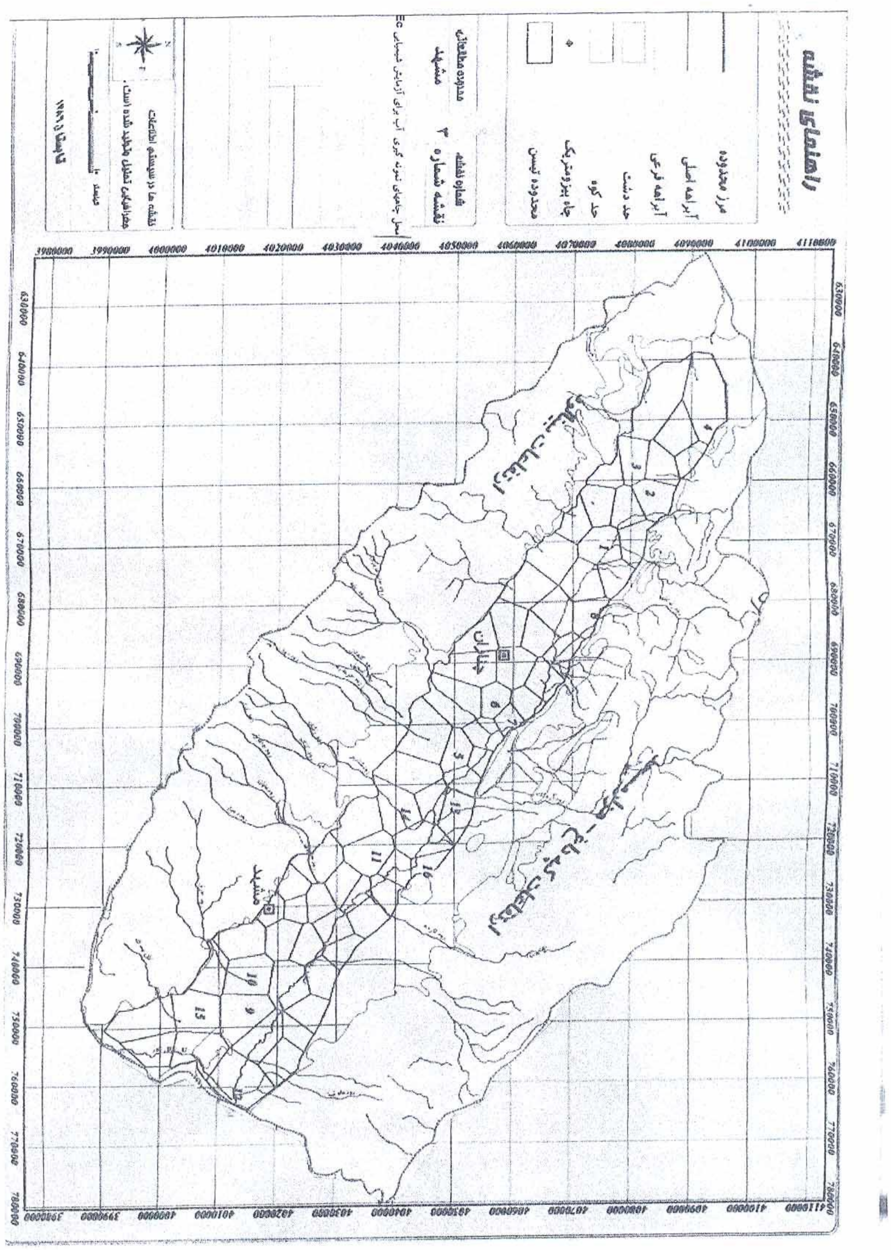
بررسی Ec آب زیرزمینی

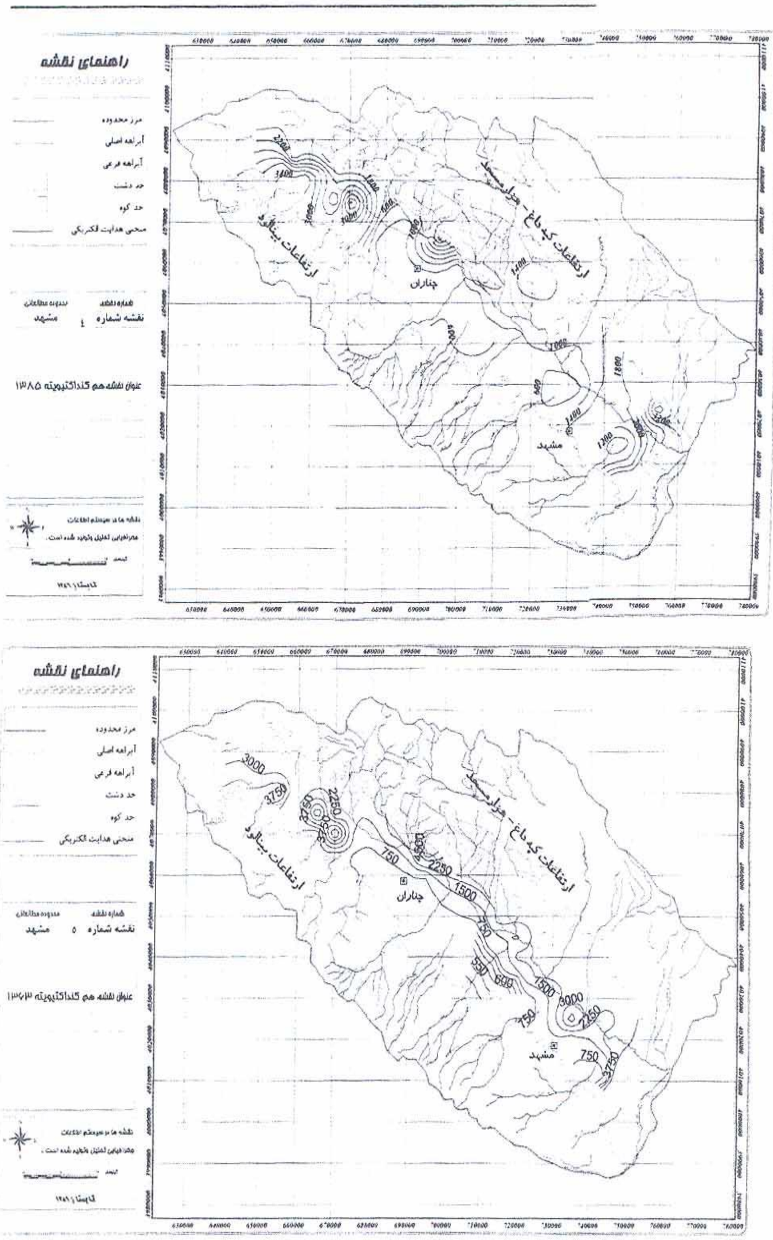
نفوذ نزولات جوّی در زمین و حرکت کند آن از میان رسوبات تا محل زه‌کشی، بـا افـزایش املاح آب همراه است. هر قدر زمان ماندگاری آب در زیرزمین بیشتر باشد، مقـدار کـل امـلاح (Ec) آب افزایش یافته و بین عمق آب‌های زیرزمینی و مقدار املاح (Ec) آب، رابطه‌ی مستقیم برقرار است (هولتینگ، ۲۰۰۵).

به منظور مشخص‌تر شدن ارتباط بین روند افت سطح آب زیرزمینی و افزایش کل املاح آب (Ec) و نیز تعیین مقدار تغییرات املاح آب به ازای هر متر افت سطح آب زیرزمینی در آبخانه‌ی دشت مشهد، حدود شانزده حلقه چاه در سطح آبخانه (نقشه ۳ و جدول ۱) که از آنها آمار آنالیز شیمیایی (Ec) و افت سطح آب زیرزمین به مدت نسبتاً طولانی و در دست است، انتخاب و بررسی‌ها روی آنها متمرکز شده است. در نقشه هم هدایت الکتریکی برای سال ۱۳۸۵ (شماره ٤) ۱۳٦۳ (شماره ٥) رسم شده است. تحلیل دو نقشه‌ی مذکور نشان می‌دهد که طیّ بیست و دو سال (۸٥–۱۳٦۳) که آبخانه‌ی دشت مشهد تحت تأثیر افت سطح آب زیرزمینی بوده است، مقدار هدایت الکتریکی آب افزایش یافته است. برای مثال مقایسه‌ی منحنی‌های هم هدایت الکتریکی Ec (نقشه‌های شماره ٤ و ٥) نشان می‌دهد که در نزدیکی شهر چناران در سال ۱۳٦۳ منحنی ۷٥۰ میکرومهوس بر سانتی‌متر عبور می‌کرده است، در حالی‌که در سال ۱۳۸٥ از همین نقطه منحنی هم هدایت الکتریکی Ec با رقم هزار میکرومهوس بر سانتی‌متر می‌گذرد. به عبارت دیگر جبهه‌ی آب شور به طرف جبهه‌ی آب شیرین حرکت نموده است.

بررسی ارتباط بین افزایش املاح آب در ارتباط با افت سطح آب در چاه‌های انتخابی، آشکارا هم‌بستگی خطی بین دو پارامتر مذکور را نشان می‌دهد (جدول ۱). همچنین در نمودار شکل ٤ تا ٦ (تعداد نمودارها به سه حلقه از شانزده چاه اکتفا شده است) دیده می‌شود، که هم‌زمان با افت سطح آب در سال‌های مختلف، مقدار هدایت الکتریکی آب نیز افزایش یافته است. معادله‌ی آخر هم‌بستگی بین افت سطح آب و افزایش املاح (Ec) نیز در نمودارها قید شده است. همچنین در این بررسی مشخص شده است که به طور کلی به ازای هر متر افت سطح آب، مقدار املاح (Ec) در شانزده حلقه چاه انتخابی از ۱۹ تا ۹۸ میکرومهوس بر سانتی‌متر افزایش یافته ا ست. در نمودار شکل ٤ تا ٦ دیده می‌شود که مقدار کل املاح آب هدایت الکتریکی Ec، به ازای هر متر افت سطح آب زیرزمینی از ۲٦ تا ۹٥ میکرومهوس بر سانتی‌متر تغییر می‌کند.

نقشه شماره ۳. موقعیت شانزده حلقه چاه انتخابی برای آزمایش شیمیایی EC





نقشه های شماره ٥،٤ هدایت الکتریکی Ec آبخانه دشت مشهد جهت مقایسه ، مقدارEc در سال ١٣٦٣در نزدیکی شهر چناران ٧٥٠ میکرو مهوس بر سانتی متردرسال ١٣٨٥در همین محل ١٠٠٠میکرو مهوس بر سانتی مترمی باشد، که دال برپیشروی جبهه آب شور به طرف آب شیرین است.

جدول ۱. مشخصات چاه‌های پیزومتریک انتخابی و معادله‌ی هم‌بستگی میزان هدایت الکتریکی (Ec) و افت سطح آب زیرزمینی

ردیف	ارتفاع سطح آب زیرزمینی نسبت به سطح دریا	نام چاه	مختصات نقطه‌ای utmy	مختصات نقطه‌ای utmx	معادله‌ی همبستگی میان میزان املاح (Ec) و افت سطح آب زیرزمینی	ضریب هم‌بستگی (R^2)
۱	۱۲۲۴/۹۶	موچنان	۴۰۸۳۳۰۹	۶۶۲۲۶۱	y = ۵۲۳/۸۵ x + ۷۹۲/۶۸	۰/۵۶۲
۲	۱۱۷۵/۳۲	حاجی‌آباد	۴۰۷۵۶۱۳	۶۷۱۱۹۴	y = ۶۳/۴۶۸ x + ۳۰۶۷	۰/۷
۳	۱۱۷۵/۵۴	مغان	۴۰۷۳۵۵۸	۶۸۲۳۲۲	y = ۹۸/۲۳ x + ۴۱۱/۰۱	۰/۶۳
۴	۱۱۴۹/۵۱	ذهاب	۴۰۵۶۲۹۲	۶۹۶۴۳۳	y = ۳۳/۹۷۸ x + ۱۹۳/۰۷	۰/۷۱۱
۵	۱۱۰۴/۸	کلاته نادر	۴۰۵۸۵۵۲	۶۹۹۵۳۰	y = ۵۹/۷۳ x + ۲۴۴/۰۱	۰/۶۷۶
۶	۱۱۱۶/۶۲	کلاته کریمخان	۴۰۵۰۸۲۲	۷۰۵۲۳۲	y = ۴۴/۹۹ x + ۲۸۳/۴۲	۰/۶۶
۷	۱۰۷۶/۱	جوی پایین	۴۰۵۴۲۹۶	۷۰۶۴۶۳	y = ۸۵/۳۴۶ x +۸۶۲/۶۸	۰/۷۹۸
۸	۱۰۷۲/۶۶	شیر حصار	۴۰۵۰۱۳۶	۷۱۳۷۲۲	y = ۶۳۳/۰۹ x + ۲۷/۲۰۴	۰/۷۹۴۸
۹	۱۰۷۷/۸۱	عسکریه	۴۰۴۱۲۰۴	۷۱۴۳۳۸	y = ۹۵/۷۴۹ x + ۱۸۳/۲۸	۰/۸۰۰۲
۱۰	۱۰۴۲/۴۷	کلاته برفی	۴۰۳۵۹۵۶	۷۲۱۳۷۰	y = ۲۶/۱۹۶ x +۵۵۹/۶۴	۰/۷۸۷
۱۱	۱۰۲۰/۵۸	پی ۳۳	۴۰۴۴۸۰۰	۷۲۴۴۵۰	y = ۳۱/۹۵ x + ۸۸۲/۳۷	۰/۶۳۶۳
۱۲	۹۶۰/۱۲	قلعه ساختمان	۴۰۱۵۴۴۸	۷۴۱۸۱۱	y = ۶۹/۹۱۳ x + ۱۴۷۲/۵	۰/۶۲۳
۱۳	۹۴۵/۳۷	دستگردان	۴۰۱۵۱۷۳	۷۴۷۱۶۹	y = ۴۹/۹۶ x + ۱۴۶۰/۸	۰/۸۱۴۲
۱۴	۹۵۲/۳۳	مزرعه نمونه روبروی شهرک رضوی	۴۰۱۰۱۱۰	۷۴۷۴۶۰	y = ۲۱/۵۴ x + ۱۰۸۷	۰/۴۴۸
۱۵	۱۲۴۳/۱۶	مومن‌آباد	۴۰۸۰۶۰۰	۶۵۷۲۷۷	y = ۹۲/۶۹۷ x + ۳۰۲۶/۱	٪۹
۱۶	۸۷۳/۶۲	فوزقان	۴۰۱۳۴۶۷	۷۶۰۱۵۷	y = ۶/۸۸۵ x + ۶۱۱/۶۳	۰/۷۷۴۵

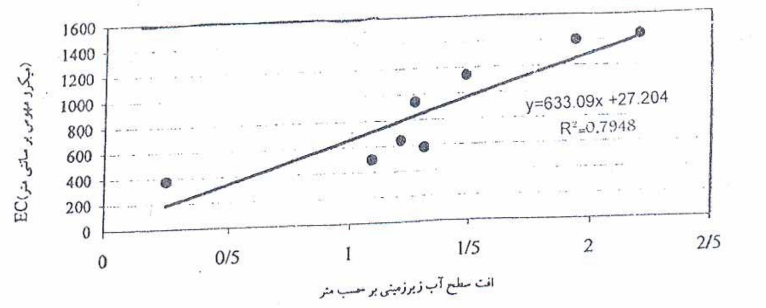
جدول شماره ۲. رابطه‌ی بین افت سطح آب و املاح *Ec* در چاه‌های پیزومتریک کلاته برفی و عسکریه

پیزومتریک عسگریه		پیزومتریک کلاته برفی		سال
میزان افت (متر)	هدایت الکتریکی Ec (میکروموهوس بر سانتی‌متر)	میزان افت (متر)	هدایت الکتریکی Ec (میکروموهوس بر سانتی‌متر)	
۱/۴۲	۲۷۲	------	------	۱۳۷۶
۲/۷۶	۲۵۰	۱/۵۳	۵۹۳/۲۴	۱۳۷۷
۲/۱۸	۴۴۲	۱/۱۳	۵۹۳/۳	۱۳۷۸
۲	۳۴۵	۲/۱۷۶	۶۱۱/۶	۱۳۷۹
۲/۳۲	۳۸۸	۰/۹۷	۵۸/۷۹	۱۳۸۰
۲/۰۵	۴۲۹	۱/۲۴	۵۹۳/۷۶	۱۳۸۱
۱/۹۹	۴۰۲	۱/۵۱	۵۹۳/۷۲	۱۳۸۲
۱/۸۱	۴۰۸	۱/۴۲	۵۹۳/۵	۱۳۸۳
۰/۵۲	۳۴۶	۲/۱۷۲	۶۲۷/۴	۱۳۸۴

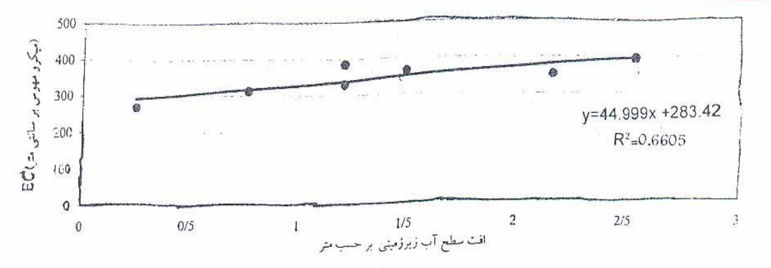
در چاه پیزومتریک شیر حصار میـزان افـزایش Ec، بـه ازای افـزایش یـک متـر سـطح آب زیرزمینی، ۳۳/۹۸ میکرومهوس بر سانتی‌متر است.

در چاه پیزومتریک کلاته کریم خان میزان افزایش Ec، به ازای افزایش یک متـر سـطح آب زیرزمینی، ٤٥ میکرومهوس بر سانتی‌متر است.

شکل شماره ۴. هم‌بستگی میان املاح *Ec* و افت سطح آب زیرزمینی در چاه پیزومتریک شیر حصار



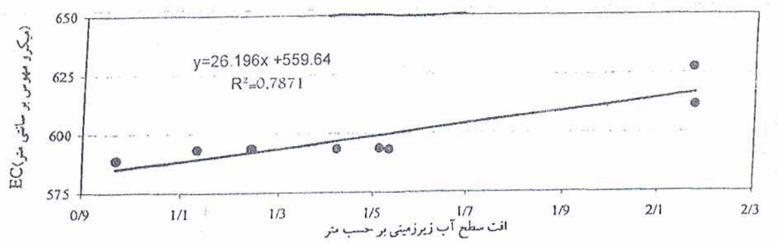
شکل شماره ۵. هم‌بستگی میان املاح *Ec* و افت سطح آب زیرزمینی در چاه پیزومتریک کلاته کریم خان



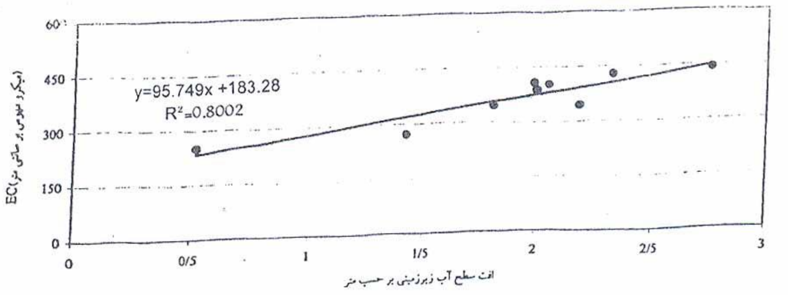
در چاه پیزومتریک کلاته برفی میـزان افـزایش Ec، بـه ازای افـزایش یـک متـر سـطح آب زیرزمینی، ٢٦/١٩ میکرومهوس بر سانتی‌متر است.

در چاه پیزومتریک عسـکریه میـزان افـزایش Ec یـک متـر سـطح آب زیـر زمینـی، ٩٥/٧٤ میکرومهوس بر سانتی‌متر است.

شکل شماره ۶. هم‌بستگی میان املاح *Ec* و افت سطح آب زیرزمینی در چاه پیزومتریک کلاته برفی



شکل شماره ۷. هم‌بستگی میان املاح *Ec* و افت سطح آب زیرزمینی در چاه پیزومتریک عسکریه



جدول شماره ۳. رابطه‌ی میان افت سطح آب و املاح *Ec* در چاه‌های پیزومتریک کلاته کریم خان و شیر حصار

پیزومتریک عسگریه		پیزومتریک کلاته برفی		سال
میزان افت (متر)	هدایت الکتریکی Ec (میکرومهوس بر سانتی‌متر)	میزان افت (متر)	هدایت الکتریکی Ec (میکرومهوس بر سانتی‌متر)	
----	----	۰/۲۵	۳۷٤	۱۳۷۷
۲/٥٤	۳۹۸	۱/۳۱	٥۸۳	۱۳۷۸
۰/۷٦	۳۱٤	۱/۰۹	٤۹۸	۱۳۷۹
۲/۱٦	۳٥۲	۱/۲۱	٦٤۳	۱۳۸۰
۱/۲	۳۸٥	۱/۲۷	۹٤۰	۱۳۸۱
۱/٤۹	۳٦٤	۱/۹۳	۱۳۹۸	۱۳۸۲
۱/۲	۳۳۱	۲/۲	۱٤٤۱	۱۳۸۳
۰/۲٥۲	۲۷۲	۱/٤۸	۱۱٤۰	۱۳۸٤

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

آنچه که از دهه‌ی ۱۳۳۰ به بعد در ارتباط با حفر چاه‌های عمیق و بهره‌برداری از آن در کشور ما اتفاق افتاد، اقدامی عجولانه و بدون برنامه‌ریزی بود. به همین دلیل استخراج آب

تحت کنترل نبوده و اضافه برداشت‌های مستمر از آبخانه‌های کشور صورت گرفت و تا آن‌جا پیش رفت که طیّ نیم قرن، هر شش حوضه‌ی آبریز کشور را با کسری مخزن روبرو کرده است. در حال حاضر، کسری مخازن دشت‌های ایران از شش میلیارد مترمکعب در سال نیز فراتر رفته است (ولایتی، ۱۳۸۳: ۱۲). چنانچه جلوی روند افت سطح آب زیرزمینی و کسری مخازن گرفته نشود، کشور با مشکل جدّی کمبود آب روبرو خواهد شد و آینده بسیار نگران کننده است.

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد که افت سطح آب زیرزمینی فقط به کسری مخازن ختم نمی‌شود، مسائلی از قبیل کاهش آبدهی قنوات و چاه‌ها، شور شدن تدریجی آبخانه و نشست سطح زمین به وجود خواهد آمد. اگر آبخانه‌ای تمامی این مراحل را طی کند، بلااستفاده خواهد شد و امکان احیای آن دیگر ممکن نیست.

در منطقه‌ی مورد مطالعه، با توجه به هیدروگراف واحد دشت (شکل ۱)، مشخص است که سطح آب زیرزمینی از سال ۱۳٦۳ تا سال ۱۳۸٤ حدود ٤۲/۵ متر افت داشته است. این افت مستمر سطح آب زیرزمینی ناشی از اضافه برداشت‌های مستمر می‌باشد که توسط چاه‌های عمیق صورت گرفته است.

افت سطح آب زیرزمینی سبب کاهش آبدهی قنوات نیز شده است، برای مثال دبی قنات کورده طی مدت چهار سال (۸۵-۱۳۸۱) حدود ٦۳٪ کاهش نشان می‌دهد (شکل ۲). در این مدت از دبی چاه‌ها نیز کاسته شده است، برای نمونه دبی چاه یزدان آباد، حدود ٦٪ کاهش یافته است (شکل ۳).

افت سطح آب زیرزمین همچنین سبب افزایش املاح کل آب (Ec) و پیشروی جبهه‌ی آب شور به طرف آب شیرین شده است. برای نمونه در نزدیکی شهر چناران، مقدار (Ec) آب زیرزمینی از هفتصد و پنجاه میکرومهوس بر سانتی‌متر در سال ۱۳٦۳، به هزار میکرومهوس بر

سانتی‌متر در سال ۱۳۸٤ رسیده است، به بیان دیگر مقدار هدایت الکتریکی آب طی مدت بیست و دو سال، دویست و پنجاه میکرومهوس بر سانتی‌متر افزایش داشته است.

همچنین در این بررسی مشخص شده است که مقدار املاح کل آب (Ec) در جهت عمق نیز افزایش داشته است و هم‌بستگی معنی‌داری بین افت سطح آب و Ec وجود دارد (اشکال ٤ تا ۷). به طور کلی، به ازای هر یک متر افت سطح آب، مقدار Ec میکرومهوس از ۲٦ تا ۹۵ میکرومهوس بر سانتی‌متر افزایش می‌یابد.

بهره‌برداری از آبخانه‌ها باید براساس بیلان سالانه‌ی آب‌های زیرزمینی که در آن، مقدار آب ورودی (Qin) و مقدار آب خروجی (Qout) مشخص می‌شود، تعیین شود. همچنین برنامه‌ریزی‌های مربوط به توسعه‌ی منابع آب‌های زیرزمینی باید مبتنی بر متوسط دوره‌های خشکسالی تدوین شود، نه بر اساس دوره‌های ترسالی، تا در سال‌های خشک با کمبود شدید آب روبرو نشده و سرمایه‌گذاری‌های انجام شده از دست نرود.

پیشنهادهای مختلف و متعددی می‌توان برای کنترل بهره‌برداری و نظام‌مند کردن آن ارائه داد، ولی چون بهره‌برداران آب زیرزمینی دارای خواسته‌ها و انگیزه‌های متفاوتی‌اند، لذا هماهنگ کردن همه‌ی آنها کاری است بس دشوار و پیچیده. شاید یکی از مفیدترین راه‌حل‌ها، تهیه و اجرای مدیریت یکپارچه‌ی منابع آب باشد که می‌توان مورد استفاده قرار داد.

فرهنگ‌سازی از طریق اطلاع‌رسانی نیز اقدام مهمی است که لازم است به طور مستمر دنبال شود تا مردم سرزمین ما بیاموزند چگونه در یک منطقه‌ی کم آب زندگی کنند تا دچار بحران آب نشوند.

منابع و مآخذ:

۱. پرورش، ج، (۱۳۸٦)، بررسی کمّی و کیفی آبخانه‌ی دشت مشهد، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم سبزوار.

۲. حسینی، س. ع، (۱۳۸۱)، گزارش خشکسالی استان خراسان، شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان.

۳. زمردیان، م، ج، (۱۳۸۱)، بررسی دینامیک‌های دامنه‌ای شمال بینالود، رساله ی دکتری، دانشگاه تهران.

٤. علیجانی، ب و کاویانی، م، (۱۳۸٤)، مبانی آب و هواشناسی، تهران، انتشارات سمت، چاپ اول.

۵. مهندسین مشاور طوس آب، (۱۳۸۷)، مدیریت به هم پیوسته‌ی منابع آب (IWRM) حوضه‌ی آبریز کشف‌رود، جلد چهارم آب زیرزمینی.

٦. نبوی، م، ج، (۱۳۵۵)، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.

۷. وزارت نیرو، شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان (۱۳۸۵)، گزارش منابع و مصرف آب در دشت مشهد.

۸. ولایتی، س، و توسلی، س، (۱۳۷۱)، منابع و مسایل آب استان خراسان انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ اول.

۹. ولایتی، س، (۱۳۸۷)، هیدروژئولوژی سازندهای نرم و سخت، جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول.

۱۰. ولایتی، س، (۱۳۷٦)، بررسی اثرات افت سطح آب زیرزمینی بر کیفیت آب، دانشگاه فردوسی مشهد (طرح تحقیقاتی).

۱۱. ولایتی، س، (۱۳۸۳)، جغرافیای آبها، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ اول.

12. Bisson, R. A, Lehr, H (2004) modern Ground water Exploration, John wiloy & spms INC, publication. USA.

13. Forter etal (1990), Ground watering the world Bank Washington. D. C.

14. Hoelting, B. (1980). Hydrogeologie, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart.

15. Karahnlt, K. R: (2001). Groundwater assessment and development, Tata Megraw Hi publishing company, New Delhi Sevent Edition.

16. Langut, H. R. Und Voight, R (1980). H. ydrogeulogschie Method, Springer Verlag Berlin.

17. Voiget. H.g (1980) Hydrogeochemie: Springer Verlog. Berlin.